



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

# **ATUALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO MAPA DE SOLOS DA PARAÍBA**

**Beatriz Macêdo Medeiros**

Agronomia

Areia - PB

2018

Beatriz Macêdo Medeiros

## **ATUALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO MAPA DE SOLOS DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de graduação em Agronomia do  
campus II da Universidade Federal da Paraíba  
como requisito para a obtenção do título de  
Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Moreira Beirigo

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Célia Cristina Clemente Machado (CCBSA/UEPB)

Areia - PB

2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

M488a Medeiros, Beatriz Macedo.

ATUALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO MAPA DE SOLOS DA  
PARAÍBA / Beatriz Macedo Medeiros. - João Pessoa, 2018.  
38 f. : il.

Orientação: Raphael Moreira Beirigo Beirigo.

Coorientação: Célia Cristina Clemente Machado Machado.

Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Mapeamento Digital de Solos. 2. Modelo Digital de  
Elevação. 3. Sistema Brasileiro de Classificação de  
Solos. I. Beirigo, Raphael Moreira Beirigo. II.  
Machado, Célia Cristina Clemente Machado. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

# **ATUALIZAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO MAPA DE SOLOS DA PARAÍBA**

**BEATRIZ MACÊDO MEDEIROS**

Monografia apresentada em: 13/07/2018

Conceito:

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Raphael Moreira Beirigo  
Orientador  
(DSER/CCA/UFPB)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Célia Cristina Clemente Machado  
Coorientadora  
(CCBSA/UEPB)

---

Dr. Rodrigo Santana Macedo  
(Pesquisador do INSA)

---

Me. Renato Francisco da Silva Souza  
Doutorando em Ciência do Solo  
(PPGCS/CCA/UFPB)

Areia – PB  
Julho de 2018

– Jean-Paul Legros, 2005.

O mapeamento de solos é o produto do trabalho daqueles que leem a terra.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	2
1. Referencial Bibliográfico .....	3
1.1. O solo .....	3
1.2. Serviços Ecossistêmicos do Solo .....	3
1.3. Levantamento, Classificação e Mapeamento de Solos.....	4
1.4. Mapeamento Digital .....	6
2. Objetivos .....	8
2.1. Objetivo Geral .....	8
2.2. Objetivos Específicos .....	8
3. Material e Métodos.....	9
3.1. Caracterização da Área de Estudo.....	9
3.1.1. Região .....	9
3.1.2. Mesorregiões .....	10
3.1.3. Geologia .....	10
3.1.4. Geomorfologia .....	11
3.1.5. Clima .....	11
3.1.6. Fitofisionomia .....	11
3.1.7. Solos .....	12
3.2. Análise e interpretação dos dados .....	12
3.2.1. Classificação dos Solos pelo SiBCS .....	14
3.2.2. Mapeamento Digital de Solos (MDS) .....	14
3.2.2.1. Primeira etapa.....	15
3.2.2.2. Segunda etapa.....	15
3.2.2.3. Terceira etapa .....	17
4. Resultados e Discussão .....	18
5. Considerações Finais.....	25
6. Referências.....	26

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas

AR – Afloramento de Rocha

CX – Cambissolo Háptico

ECT – Estoque de Carbono Total

ESK – Espodossolo Ferri-Humilúvico

FF – Plintossolos Pétricos

G – Gleissolos

GJ – Gleissolos Tiomórficos

LA – Latossolos Amarelos

LV – Latossolos Vermelhos

MDE – Modelo Digital de Elevação

MDS – Mapeamento Digital de Solos

NV – Nitossolos Vermelhos

PA – Argissolos Amarelos

PAC – Argissolos Acinzentados

PBAC – Argissolos Bruno-Acizentados

PV – Argissolos Vermelhos

PVA – Argissolos Vermelho-Amarelos

RL – Neossolos Litólicos

RQ – Neossolos Quartzarênicos

RR – Neossolos Regolíticos

RY – Neossolos Flúvicos

SE – Serviços Ecológicos

SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SN – Planossolos Nátricos

SX – Planossolos Hápticos

TC – Luvisolos Crômicos

UM – Unidade de Mapeamento

VE – Vertissolos Ebânicos

VX – Vertissolos Hápticos

WRB – World Reference Base for Soil Resources



## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Mapa de localização do estado da Paraíba, inserido na região Nordeste - Brasil. ....	9
Figura 3. Exemplo de localização do perfil na descrição geral dos levantamentos. . ....	16
Figura 4. Exemplo de localização do ponto do perfil cinco descrito no Levantamento de 1972.....	16
Figura 6. Mapa de Solos do estado da Paraíba. Escala ?.....	21

## **RESUMO**

MEDEIROS, B. M. **Atualização da Classificação do Mapa de Solos da Paraíba.** Areia-PB: UFPB, 2018. 36 p. (Trabalho de Conclusão de Curso - Agronomia)

Em relação ao clima, à geologia, entre outros fatores do ambiente, o solo é considerado como um ótimo recurso natural para a estratificação de ambientes. O conhecimento sobre a distribuição geográfica dos solos é fundamental para o planejamento ambiental e importante por subsidiar a criação de políticas públicas de gestão do uso e preservação, visto que é um recurso natural de lenta renovação. O objetivo dessa pesquisa foi atualizar a classificação dos solos do Mapa Exploratório-Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Tal atualização foi realizada por meio da classificação de 196 perfis de solos disponíveis no Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba (1972) e no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (1978). Todos os perfis tiveram sua nomenclatura analisada segundo critérios constantes no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2013) por meio da análise de suas propriedades morfológicas e atributos físicos, químicos e mineralógicos. O mapa foi confeccionado utilizando-se a ferramenta de Mapeamento Digital de Solos (MDS), utilizando-se de um Modelo Digital de Elevação (MDE) para obter a declividade com suas respectivas classes morfométricas bem como das informações litológicas contidas no mapa geológico da Paraíba, além de encontrar o provável local dos mesmos utilizando as informações de localização dos perfis. Por fim, obteve-se o mapa de solos do estado com simbologias, legendas e cores conforme proposto no SiBCS (2013).

**Palavras-chave:** Mapeamento Digital de Solos, Modelo Digital de Elevação, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

## **ABSTRACT**

MEDEIROS, B. M. **The update of the classification used on the Soil Map of Paraíba.** Areia-PB: UFPB, 2018. 36 p. (Course Completion Work - Agronomy)

In relation to climate, geology, among other factors of the environment, the soil is considered as a great natural resource for the stratification of environments. Knowledge about the geographic distribution of soils is fundamental for environmental planning and important for subsidizing the creation of public policies for use and preservation management, since it is a natural resource of slow renewal. The objective of this research was to update the soil classification of the Exploratory Map-Recognition of soils of the state of Paraíba. This update was carried out by means of the classification of 196 soil profiles available in the Exploration-Reconnaissance Survey of Soils of the State of Paraíba (1972) and in the Agricultural Zoning of the State of Paraíba (1978). All the profiles were analyzed according to criteria in the Brazilian Soil Classification System (2013) by analyzing their morphological properties and physical, chemical and mineralogical attributes. The map was made using the Digital Soil Mapping (MDS) tool, using a Digital Elevation Model (MDE) to obtain the slope with their respective morphometric classes as well as the lithological information contained in the geological map of Paraíba, in addition to finding the probable location of the same using the location information of the profiles. Finally, the soil map of the state was obtained with symbologies, captions and colors as proposed in SiBCS (2013).

**Keywords:** Digital elevation model, SiBCS, Soil digital mapping

## **1. Referencial Bibliográfico**

### **1.1. O solo**

As propriedades dos solos resultam da interação dos fatores e processos pedogenéticos, onde o principal modelo fatorial-funcional de formação dos mesmos considera os mesmos produtos da interação dos fatores material de origem (rochas, sedimentos minerais e/ou orgânicos), clima, relevo, organismos e o tempo (Dokuchaev, 1883; Jenny, 1941).

Em relação ao clima, à geologia e a outros componentes do ambiente, o solo é corriqueiramente utilizado em estudos de estratificação de ambientes (Resende e Rezende, 1983), pois reflete o resultado da interação de vários outros componentes do meio. Apresenta variação em pequenas distâncias e suas características, inclusive as topográficas, podem originar padrões intrincados de disponibilidade de outros recursos, como radiação solar direta, água e nutrientes, o que condiciona o tipo de vegetação, a sustentabilidade ambiental (p. ex. agrícola) e a biodiversidade (Resende et al., 2002).

### **1.2. Serviços Ecossistêmicos do Solo**

O solo é um sistema dinâmico e complexo que desempenha inúmeros serviços ecossistêmicos (SE) primordiais para a produção de alimentos, sendo considerada a base dos ecossistemas terrestres para a sobrevivência humana (BRIGDES, 1997).

Entre outros, os serviços ecossistêmicos incluem a formação do solo, ciclagem de nutrientes, regulação do clima por meio do armazenamento de carbono e fluxo de gases de efeito estufa, prevenção de erosão, descontaminação e biorremediação de resíduos tóxicos e habitat natural de animais (Wall et al., 2012). O solo contém cerca de três vezes mais carbono do que a atmosfera, onde os balanços entre sequestro e estoque de carbono no solo têm influência direta na concentração do monóxido de carbono atmosférico e na regulação do clima global (Ellert e Bettany, 1995; Post et al., 1990).

O uso excessivo do solo, principalmente para fins de produção agrícola, sem atentar para a sua conservação, gera diminuição e/ou, perda destes SE. A depender da duração e intensidade do uso e do manejo dos solos, estes podem ultrapassar a capacidade de resiliência e assim causar a degradação dos mesmos (Azevedo et al., 2007), de tal forma que pode causar a redução da qualidade do solo e, como

consequência, diminuir sua capacidade de sustentar os (agro)ecossistemas (Azevedo et al., 2007).

### **1.3. Levantamento, Classificação e Mapeamento de Solos**

O conhecimento sobre a distribuição geográfica dos solos é fundamental para o planejamento ambiental e é importante por subsidiar a criação de políticas públicas de gestão do uso e preservação, visto que é um recurso natural de lenta renovação (Ten Caten et al., 2011).

A distribuição é representada em mapas, enquanto as informações adicionais são descritas nos relatórios dos levantamentos em que constituem de um inventário das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas dos solos, como também a classificação taxonômica e interpretativa e a distribuição geográfica dos mesmos da área de estudo (Dalmolin et al., 2004). Os levantamentos de solos podem ser Ultradetalhados, Detalhados, Semidetalhados, Reconhecimento de alta, média e baixa intensidade, Exploratórios e Esquemáticos. A diferença entre eles consiste apenas nas escalas utilizadas e a área mínima mapeável, sendo os Levantamentos no nível Exploratório-Reconhecimento caracterizado pela escala de 1:2.500.000 a 1:300.000, tendo área mínima mapeável de 250 a 3,6 km<sup>2</sup>, respectivamente (IBGE, 2015). São bastante utilizados nos preparos de programas nacionais de desenvolvimento, atendendo ampla faixa de objetivos como os planejamentos regionais de bacias hidrográficas (IBGE, 2013).

No estado da Paraíba foram realizados apenas dois levantamentos de solos em nível exploratório-reconhecimento (Brasil, 1972; Paraíba, 1978), constando apenas de caracterização de rotina para fins de levantamento onde a escala é pequena.

A caracterização e classificação das funções ambientais do solo com base em sistemas taxonômicos (técnico-científico) e, ou, etnopedológico, é crucial para a conservação dos ecossistemas e agroecossistemas.

A classificação de solos promove a comunicação e transferência de informações, facilitando a compreensão da complexidade dos solos e sistemas naturais (Anjos et al., 2012), bem como agrupa solos com características semelhantes, contribuindo para a organização das informações em banco de dados para posterior mapeamento.

Tal classificação é referente ao enquadramento dos solos em sistemas taxonômicos, podendo ser a nível mundial World Reference Base for Soil Resources –

WRB (WRB, 2015) ou nacional como o Soil Taxonomy (USDA, 1999) ou Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 2013).

O SiBCS é um sistema taxonômico de classificação de solos hierárquico e multicategórico. É específico para o território nacional, abrangendo particularidades principalmente relacionadas a relevo, clima e vegetação, a fim de atender às condições de solos de clima tropical, (IBGE, 2015). Encontra-se estruturado até o sexto nível categórico, em que o quinto e sexto nível categórico está em discussão para definição de critérios. O primeiro nível categórico (Ordem) do SiBCS é o de maior generalização, perfazendo 13 ordens de solos diferenciadas entre si pela presença ou ausência de atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades encontradas em campo, podendo ser: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos. No 2º nível (subordem) as classes separam-se por características diferenciais refletindo a intensidade do processo de gênese do solo ou mesmo a atuação desses processos. Nos grandes grupos (3º nível categórico) é enfatizado o tipo e o arranjo dos horizontes, a atividade da argila, entre outros, no qual é destacada a presença de horizontes ou propriedades do solo que afetam o uso e manejo dos solos quando relacionados ao desenvolvimento das plantas e movimento de água no solo. Os subgrupos (4º nível categórico) representam as características de conceito central da classe (típicos) ou os intermediários entre classes nos níveis anteriores, podendo indicar presença de características extraordinárias. No nível de família (5º nível categórico) são empregadas como complementação às informações ou adição de referência relevante. O sexto e último nível categórico, é caracterizado por corresponder a uma subdivisão do nível anterior, baseando-se em características que afetam o uso e manejo deste solo (Embrapa, 2013; IBGE, 2015).

A organização do conhecimento com a identificação de classes torna-se bastante útil na transferência de conhecimento. Uma maneira de transferência é a expressão das informações nos mapas, onde o Mapeamento Digital de Solos (MDS) faz a relação entre a legenda e o corpo real existente na paisagem (Resende et al., 2012). Os mapas são bastante utilizados como material básico de avaliação do potencial das terras, bem como servem de fonte de informação para o desenvolvimento sustentável e diversas interpretações de interesse para conservação das condições ambientais (Bhering et al., 2010). O MDS possibilita gerar informações relevantes em solos em diversas resoluções espaciais e com indicadores de qualidade relacionada (Ten Caten, 2011).

#### 1.4. Mapeamento Digital

As informações sobre o ambiente são necessárias para um melhor planejamento e gestão ambiental do território (Buarque, 2002) como também representam importantes inventários para efetuar estudos de zoneamento pedoclimáticos (Embrapa, 2015). Neste contexto, o uso de imagens de satélite vem sendo adotado cada vez mais para monitoramento de mudanças no uso do solo, estudando a perda de habitat, fragmentação e degradação que venham a ameaçar a perda de biodiversidade em certos estudos ecológicos (Meneses e Almeida, 2012).

É crescente a demanda por informações expressivas e atualizadas em solos (Ten Caten, 2011); no entanto, uma das maiores dificuldades na identificação e no uso das informações sobre os ecossistemas a partir do solo no Brasil está relacionada à escala e a desatualização da nomenclatura das classificações.

Os mapas de solos, por exemplo, que são os únicos que se referem especificamente à questão de nutrientes no sistema, estão, no Brasil, raramente na escala de 1:100.000 ou maior. Geralmente estão nas escalas de 1:250.000 ou menor (Resende et al., 2002) e não apresentam a classificação dos solos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) por serem terem sido elaborado anteriormente a 1999, ano da primeira versão do SiBCS.

A adequação e atualização das classes de solos que compõe as unidades de mapeamento do mapa de solos do Estado da Paraíba (Brasil, 1972) tornam-se crucial para o resgate e uso das informações sobre este recurso natural. Em estudos de Campos e Queiroz (2006) reconhecem a necessidade de abertura de novos perfis e suas respectivas descrições, utilizando-se de critérios atuais, pois assim terá uma maior clareza na classificação. Sendo tal necessidade enfatizada com o presente estudo, visto que as informações comumente utilizadas como base de dados de solos estão defasadas.

As principais etapas do MDS consistem em: (i) agrupamento das informações representando os fatores de formação dos solos, como o relevo (representados pelos MDE), mapas de vegetação, clima e geológicos, além de informações disponíveis em relatórios e mapas de solos com sua distribuição na paisagem; (ii) aplicação de relações matemáticas, relacionando o mapeamento de classes de solos e suas propriedades; (iii) aplicação de tais informações mapeadas a fim de produzir novas informações; (iv) relação das informações geradas com as ações antrópicas, gerando

mapas de conflitos, riscos e possibilidades, e: (v) fornecer medidas e recomendações para conservação baseando-se no conhecimento da distribuição espacial do solo (Sanchez et al., 2009).



## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo Geral**

Classificar os solos das unidades de mapeamento do Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba (Brasil, 1972) e do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (Paraíba, 1978) no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Analisar os atributos físicos, químicos, mineralógicos e morfológicos dos perfis descritos nos levantamentos (Brasil, 1972; Paraíba, 1978) e classificação conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos;
- Atualizar informações pedológicas a respeito do manejo dos solos do estado;
- Obter o Mapa Digital de Elevação do estado da Paraíba.

### 3. Material e Métodos

#### 3.1. Caracterização da Área de Estudo

##### 3.1.1. Região

A área de estudo compreende todo o estado da Paraíba (Figura 1), localizado na região nordeste do Brasil entre as latitudes 06°00'11" e 08°19'54" S e longitudes oeste 34°45'50" e 38°47'58" W, com uma área total de 56.468,43 km<sup>2</sup>. O Estado faz fronteira ao norte com o Estado do Rio Grande do Norte, de Pernambuco ao sul, Ceará a oeste e a leste com o Oceano Atlântico (IBGE, 1979).

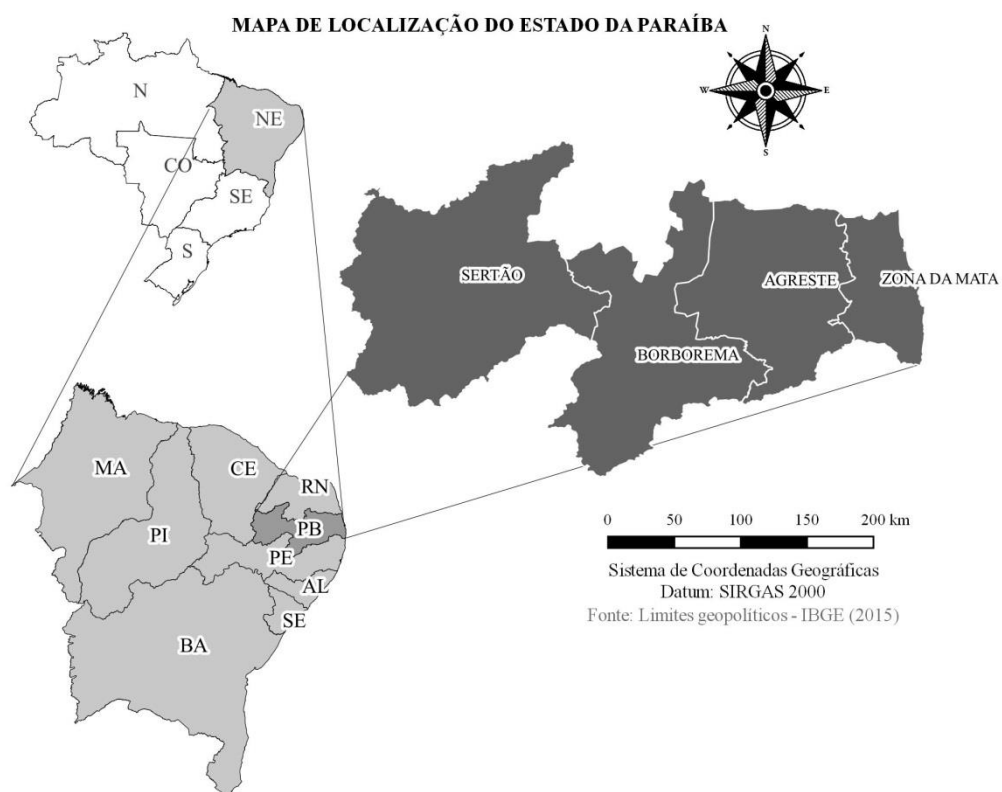


Figura 1. Mapa de localização do estado da Paraíba, inserido na região Nordeste - Brasil. Fonte: O autor (2018).

### **3.1.2. Mesorregiões**

O Estado possui quatro mesorregiões, a saber: Zona da Mata, Agreste, Borborema e Sertão (IBGE, 1979). A Zona da Mata compreende do litoral à parte leste do estado, com predomínio das planícies litorâneas e tabuleiros costeiros. Possui regime de chuvas abundantes, principalmente nos meses de março a julho; encontra-se na faixa de clima úmido e recebe influência dos ventos alísios vindos do oceano próximo.

O Agreste corresponde à região de transição entre a Zona da Mata e o sertão do Estado, caracterizada por apresentar vales e serras, sendo a mais conhecida a Serra da Borborema. A paisagem compõe-se de planaltos e chapadas inseridas nas rebaixadas zonas da caatinga. A mesorregião Borborema divide-se em cinco microrregiões, sendo elas o Brejo Paraibano, Campina Grande, Curimataú Ocidental, Curimataú Oriental e microrregião de Esperança. A área do Sertão engloba uma região rebaixada quando relacionada com os Planaltos existentes na Borborema.

### **3.1.3. Geologia**

A Geologia da Paraíba é constituída por materiais do Holoceno, Terciário, Cretáceo e Pré-Cambriano, sendo esse último o mais representativo do estado. As formações recentes do Holoceno são representadas por estreita faixa do litoral, constituídas por praias, dunas, restingas, terraços litorâneos, mangues, recifes de coral e arenito, bem como por grandes áreas localizadas às margens dos rios formando aluviões, terraços fluviais e mangues. Do período Terciário tem-se: a) Grupo Barreiras: sedimentos pouco consolidados constituídos por sedimentos arenoargilosos, argiloarenosos, arenosos, intercalados com camadas de seixos rolados e concreções lateríticas, e; b) Formação Serra dos Martins: sedimentos argilosos, arenitos silicificados, arenitos ferruginosos fortemente cimentados por limonita e cangas lateríticas.

O Cretáceo na Paraíba é representado pela Formação Itamaracá e Gramame no litoral e pela Série Rio do Peixe no extremo oeste do Estado (município de Sousa). A Formação Itamaracá é constituída por arenitos calcíferos compactos a friáveis e a Gramame por calcários compactos intercalados por margas. A Série Rio do Peixe é composta por arenitos vermelhos e cinzentos com cimento calcário, argilitos vermelhos, folhelhos e siltitos impregnados com carbonato de cálcio. Também ocorrem micaxistos (biotitaxistos, cloritaxistos e sericitaxistos), filitos e quartzitos com muscovita e sericita, representam litologias do Pré-Cambriano (B) e gnaisses e migmatitos correspondem ao período Pré-Cambriano (CD) (Brasil, 1972).

#### **3.1.4. Geomorfologia**

A geomorfologia do Estado consiste da Depressão Sertaneja, Planalto da Borborema, Planalto sertanejo, Planaltos residuais, Planícies e Tabuleiros costeiros. Na mesorregião Zona da Mata encontram-se Planícies e Tabuleiros costeiros, onde consistem em formas de relevo de degradação formada a partir dos sedimentos continentais de idade terciária do grupo Barreiras (Dantas e Medina, 2000). Na região Agreste, encontra-se o Planalto da Borborema (situado também na mesorregião Borborema) o Vale do Paraíba e a Depressão Sublitorânea, enquanto na Borborema encontra-se o Planalto da Borborema e no Sertão tem-se a Depressão Sertaneja (AESAs, 2006).

#### **3.1.5. Clima**

O clima do estado é classificado como tropical com estação seca de Verão (As, segundo Köppen), tendo áreas de clima semiárido das estepes quentes de baixa latitude e altitude (BSh). Na mesorregião da Mata Paraibana a altitude pode chegar a 143 m em relação ao nível do mar, enquanto a temperatura média é de 26°C e a pluviosidade média é de 1254 mm.ano<sup>-1</sup> devido às chuvas de verão. No Agreste do estado os municípios chegam a ter 694 m de altitude, possuindo temperatura média de 24,3°C e precipitação média de 921,4 mm.ano<sup>-1</sup>.

Na mesorregião Borborema a altitude pode alcançar 719 m. A temperatura média é de 23,3°C e a precipitação média de 540,9 mm.ano<sup>-1</sup>, configurando clima BSh. No Sertão Paraibano as altitudes variam em torno de 400 m acima do nível do mar, com temperatura média de 24,4°C e precipitação média de 830 mm.ano<sup>-1</sup> (Alvares et al., 2013).

#### **3.1.6. Fitofisionomia**

Os aspectos da vegetação do estado da Paraíba são representados pelos biomas caatinga, mata atlântica e tabuleiros costeiros, esse último de maior representatividade. Nas mesorregiões Mata e Agreste Paraibano ocorrem fitofisionomias como a Floresta Ombrófila Densa e Aberta (Mata Atlântica) e Tabuleiros Costeiros. O bioma Mata Atlântica é representado por formações de floresta nativa e ecossistemas associados, caracterizado por árvores altas em clima quente e úmido.

Nas mesorregiões Borborema e Sertão predomina bioma Caatinga, fitofisionomia da Savana Estépica. É um bioma exclusivamente brasileiro, apresenta feições fisionômicas e florísticas diferenciadas devido ao clima e ao solo, ocupando cerca de 92% da Paraíba (Brasil, 2009). A vegetação de savana estépica em si é adaptada ao clima árido da região, onde apresenta queda de folhas (caducidade foliar), folhagem especializada para retenção de umidade e raízes tuberosas profundas que auxiliam no armazenamento de água.

### **3.1.7. Solos**

A base de dados utilizada na presente pesquisa compreende os perfis descritos no Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba (Brasil, 1972) e no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (Paraíba, 1978), bem como o mapa de solos na escala de 1:500.000 (Brasil, 1971) e o mapa na escala de 1:400.000 (SEMARH, 2004) que representa a distribuição das classes de solos.

A região semiárida compreende boa parte do Estado, englobando uma área aproximada de 76,23% (área concentrada nas mesorregiões Sertão e Borborema), onde segundo Nunes et al. (2016) apresenta grande variabilidade e diversidade de solos devido principalmente aos fatores de formação material de origem e relevo. Ocorrendo as seguintes classes, em ordem decrescente de abrangência de área: Neossolos Litólicos, Luvisolos Crômicos, Argissolos Vermelhos e Vertissolos Háplicos, entre outros.

## **3.2. Análise e interpretação dos dados**

Foi realizada a análise detalhada da descrição geral e de todos os atributos morfológicos, físicos e químicos (mineralogia da fração cascalho e areia total dos perfis do levantamento de 1972) dos 196 perfis descritos nos dois levantamentos existentes na Paraíba (Brasil, 1972; Paraíba, 1978). As etapas da metodologia estão apresentadas no fluxograma (Figura 2).

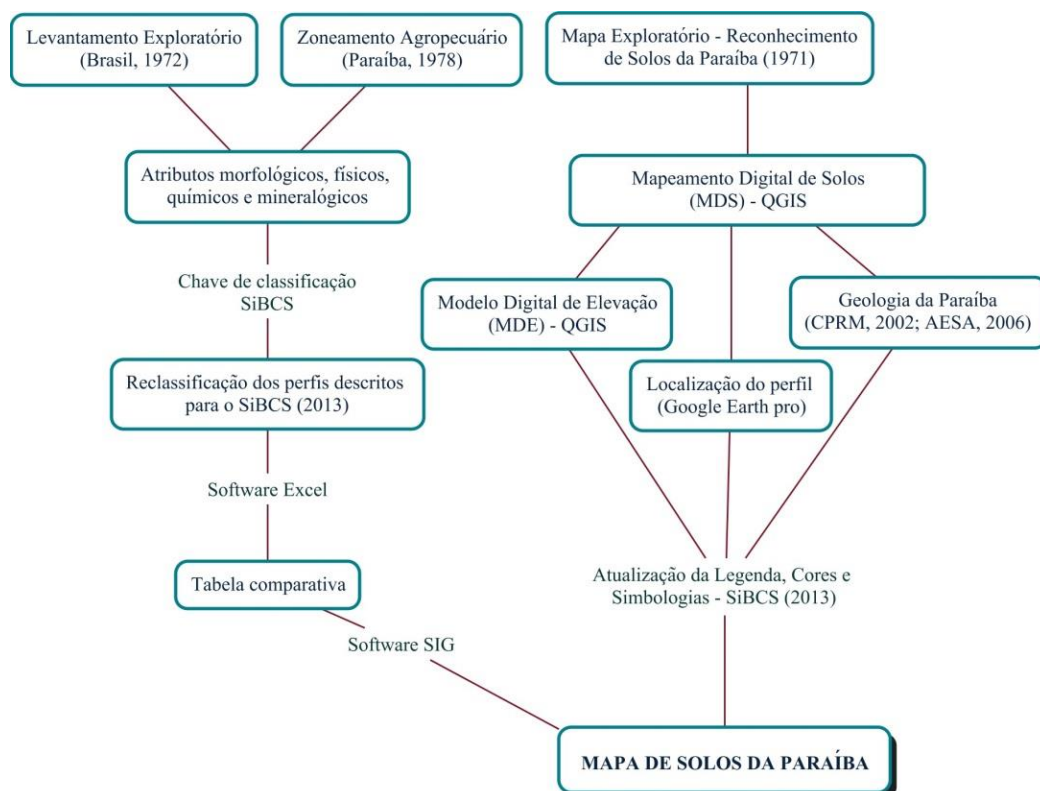


Figura 2. Fluxograma das etapas de execução do trabalho.

Concluindo o trabalho com a reclassificação de todos os perfis dos levantamentos de 1972 e 1978 para a 3ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013). Por fim, a confecção do Mapa de Solo do estado da Paraíba com a referente classificação das Unidades de Mapeamento (UMs), legendas e cores descritas em Embrapa (2013).

### **3.2.1. Classificação dos Solos pelo SiBCS**

A partir dos dados dos 196 perfis descritos nos levantamentos (Brasil, 1972; Paraíba, 1978) e, um a um, analisando os seus atributos físicos, químicos e morfológicos, foi realizada a nova classificação. Em uma planilha de dados, foram digitadas as principais informações dos perfis de solos para posterior classificação, tais como: número do perfil, localização, município, litologia, relevo regional e local, textura, pedregosidade e rochosidade, são essenciais para elencá-la dentre as 13 ordens (primeiro nível categórico) qual define tal perfil.

Aspectos ambientais do local do perfil, tais como clima, vegetação, relevo, material originário, condições hídricas, características externas ao solo e relações solo-paisagem, são também índices utilizados para correspondência da classificação (Embrapa, 2013; IBGE, 2015).

Cada ordem apresenta suas particularidades nos níveis de subordem, grandes grupos, subgrupos e famílias, necessitando de informações complementares sobre atributos e horizontes diagnósticos. Devido a tal fato, também foram utilizados como o: teor de argila (%), valor T (CTC), espessura do horizonte (cm), coloração Munsell, valor V% (saturação por bases) e carbono orgânico (%), entre outros. Por fim, dispozo da nova classificação, fez-se a ordenação de legenda de identificação de solos para confecção do mapa com a referente padronização das cores propostos pelo SiBCS (Embrapa, 2013).

### **3.2.2. Mapeamento Digital de Solos (MDS)**

Primeiramente foi realizado uma pesquisa de base de dados na tabela de atributos do arquivo *shape* disponibilizado pela AESA (2018), onde foram atualizadas as legendas das classes de solo até o terceiro nível categórico, assim como proposto pela Embrapa (2013). Posteriormente, com as informações do MDE, da geologia da Paraíba e dos pontos modais, foram verificados cada perfil e ajustes dos mesmos, garantindo uma maior precisão no mapeamento. Devido à grande quantidade de informações geradas e utilizadas nesse estudo, foi necessária três abordagens de avaliação e processamento dessas informações.

### 3.2.2.1. Primeira etapa

O relevo do Estado da Paraíba foi analisado em termos de sua hipsometria e declividade. Para as suas representações utilizou-se o MDE da Missão de Topografia Radar Shuttle (acrônimo em inglês SRTM), que consiste na representação espacial da superfície a partir de dados de imagens de satélite, com resolução espacial de 30m.

O processo de elaboração do mesmo consistiu nas etapas de aquisição dos dados planialtimétricos, geração da grade triangular e elaboração dos atributos do relevo. Utilizou-se de 12 cenas que cobrem a totalidade do estado, sendo elas: 09S38W\_1arc\_v3, 09S37W\_1arc\_v3, 08S39W\_1arc\_v3, 08S38W\_1arc\_v3, 08S37W\_1arc\_v3, 08S36W\_1arc\_v3, 08S35W\_1arc\_v3, 07S39W\_1arc\_v3, 07S38W\_1arc\_v3, 07S37W\_1arc\_v3, 07S36W\_1arc\_v3, 07S35W\_1arc\_v3, disponibilizados pela USGS (2004).

Alguns desses produtos (08S37W\_1arc\_v3, 07S37W\_1arc\_v3 e 07S38W\_1arc\_v3) apresentaram pixels com valores nulos, onde se fez necessário realizar um procedimento de preenchimento desses pixels, realizado em três etapas, a saber: i) identificação dos valores nulos na imagem, onde se atribuiu valor 1 para pixels nulos e 0 para todos os outros; ii) obtenção de uma segunda imagem a partir do cálculo para cada pixel, onde utilizou-se de uma média dos pixels próximos e; iii) cálculo de uma condição, onde adotou-se os valores de médias para os casos de valor 1, enquanto que para os demais considerou-se a imagem original com os pixels sem erro.

A fim de obter o MDE para a área total da Paraíba, foi realizado um mosaico dos produtos citados anteriormente. Em seguida, o mosaico foi recortado utilizando o arquivo em formato *shapefile* com o limite geopolítico do estado obtido no geoportal do IBGE. Por fim, foram classificados os valores de declividade em porcentagem de acordo com suas classes morfométricas (IBGE, 2015) plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado.

### 3.2.2.2. Segunda etapa

Nesta abordagem foram analisadas principalmente as informações de localização contidas em cada perfil nos seus respectivos municípios, e, no software, foi mapeado conforme orientação do perfil, podendo encontrar aquele possível ponto modal (Figura 3).



<b>Perfil — 5.</b>
<i>Número de campo</i> — 63 PB. — (Zona da Borborema Oriental).
<i>Data</i> — 09/05/68.
<i>Classificação</i> — LATOSOL VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura média fase floresta subcaducifólia relevo plano.
<i>Localização</i> — Lado esquerdo da estrada Araruna — Cacimba de Dentro, a 8 km de Araruna. Município de Araruna.
<i>Situação e declividade</i> — Escavação do lado esquerdo da estrada, em topo plano da chapada.
<i>Formação geológica e litologia</i> — Terciário. Série Serra do Martins.
<i>Material originário</i> — Sedimentos areno-argilosos.

Figura 3. Exemplo de localização do perfil na descrição geral dos levantamentos. Fonte: Brasil, 1972.

Posteriormente, utilizando-se o software Google Earth Pro foram geradas as coordenadas dos possíveis perfis para melhor verificação e validação da nomenclatura dos polígonos do arquivo *shape* disponibilizado pelo Geoportal da AESA (Figura 4).

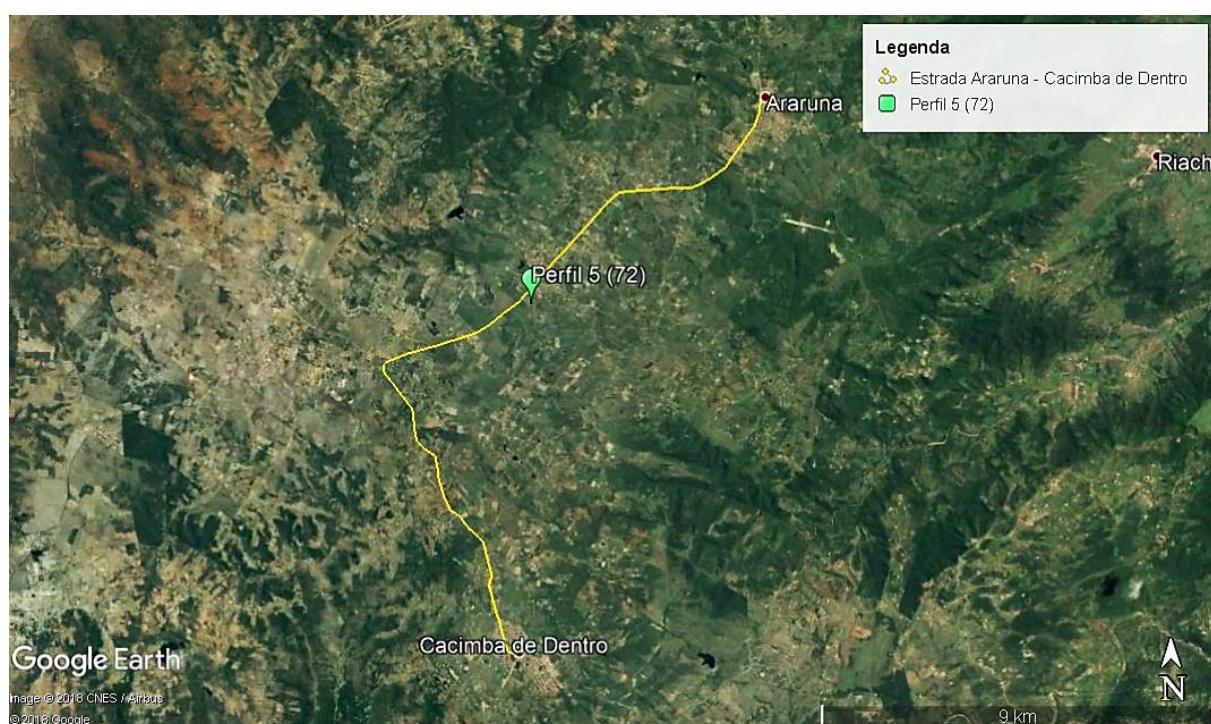


Figura 4. Exemplo de localização do ponto do perfil cinco descrito no Levantamento de 1972.

### **3.2.2.3.Terceira etapa**

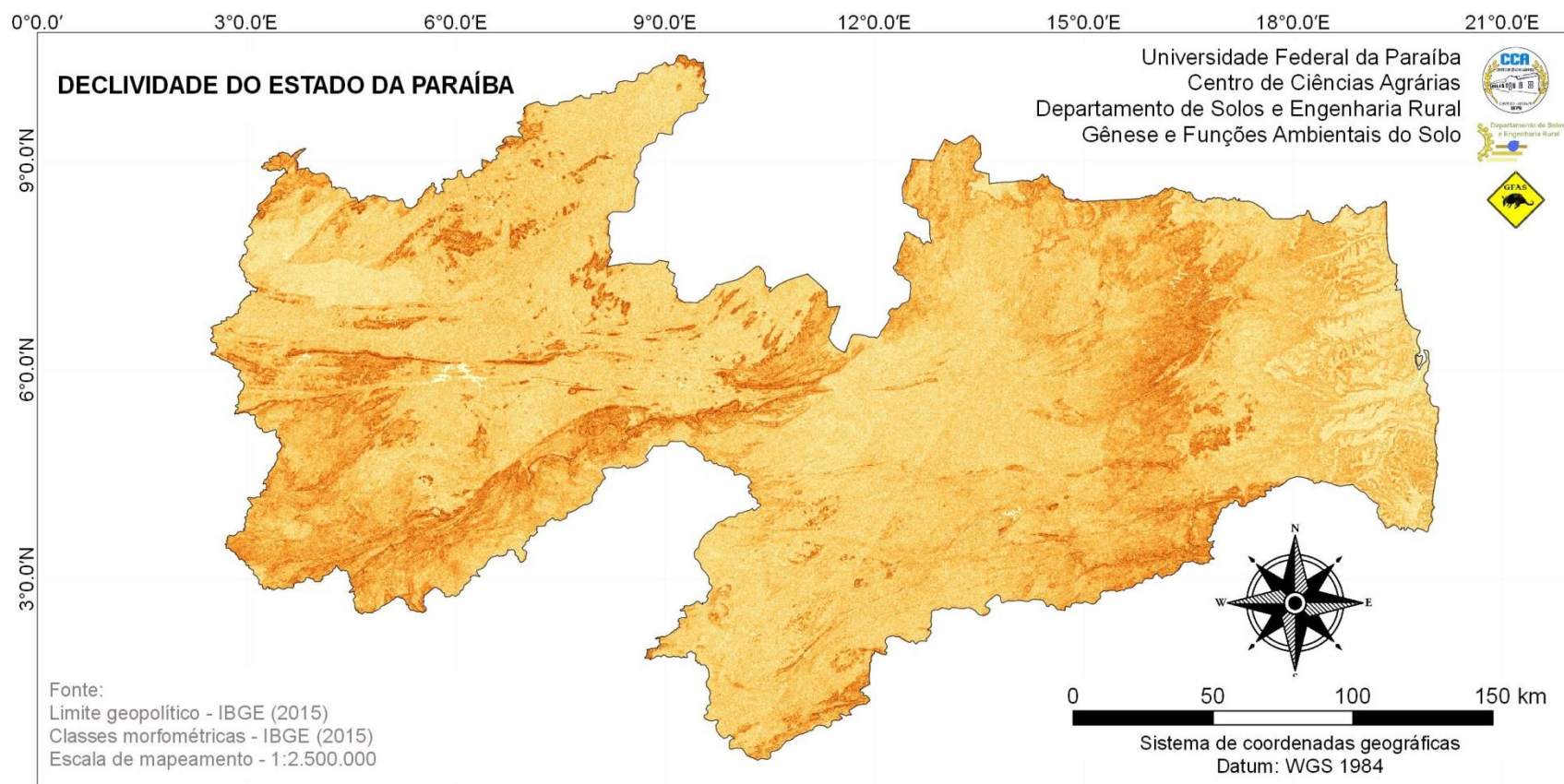
Para validação das informações descritas nos perfis dos levantamentos (Brasil, 1972; Paraíba, 1978) e aumento da sua precisão, utilizou-se a base de dados de Geologia (CPRM, 2002; AESA, 2006). Foram realizadas comparações entre as características de formação geológica e litologia e material originário contido no levantamento, a fim de se confirmar as Unidades de Mapeamento descritas nos levantamentos e no arquivo *shape* (AESA, 2018).

#### **4. Resultados e Discussão**

As classes atuais do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) e as classificações utilizadas anteriormente não satisfazem em quesito de utilização da nova classificação até quinto nível categórico correspondente, visto que as descrições dos dados morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos do perfil devem ser analisados para posterior adequação da classificação do solo. Ao considerar a época de realização dos Levantamentos e Zoneamentos da Paraíba (Brasil, 1972; Paraíba, 1978), apresentam uma defasagem da classificação, onde quadros de correlação entre as classes não satisfazem a classificação, fazendo-se necessário a aplicação do SiBCS para a sua devida classificação.

Após análise das informações dos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos pode-se explicar a grande diversidade de solos que ocorrem no estado da Paraíba. Dificuldades foram encontradas no processamento do resgate de tais informações, a começar pelos materiais desatualizados, datados da década de 70 onde contém alguns informes incoerentes e defasados. Nesse sentido, vale ressaltar ainda problemas no resgate de informações das Unidades de Mapeamento (UM), onde o arquivo digital disponibilizado pela AESA (2018) englobava UMs que não constavam descrição nos respectivos levantamentos, bem como não acompanhavam material descritivo, tornando o trabalho moroso.

A partir da observação dos fatores de formação do solo, em especial o material de origem e relevo, pode-se caracterizar as UMs de acordo com as mesorregiões. Como ferramenta auxiliar, realizou-se o MDE com resolução espacial de 30x30 (Figura 5), no qual consta a declividade em porcentagem do estado da Paraíba e suas respectivas classes morfológicas (IBGE, 2015). Segundo estudo de Sirtoli et al. (2008) a declividade consiste no atributo que melhor relaciona-se com as unidades de solos, sendo uma ferramenta amplamente utilizada.



**Declividade (%) e classes morfométricas**

	< 3%: Plano		20 - 45%: Forte ondulado
	3 - 8%: Suave ondulado		45 - 75%: Montanhoso
	8 - 20%: Ondulado		>75%: Escarpado

Figura 5. Modelo Digital de Elevação com resolução espacial de 30x30 do Estado da Paraíba.

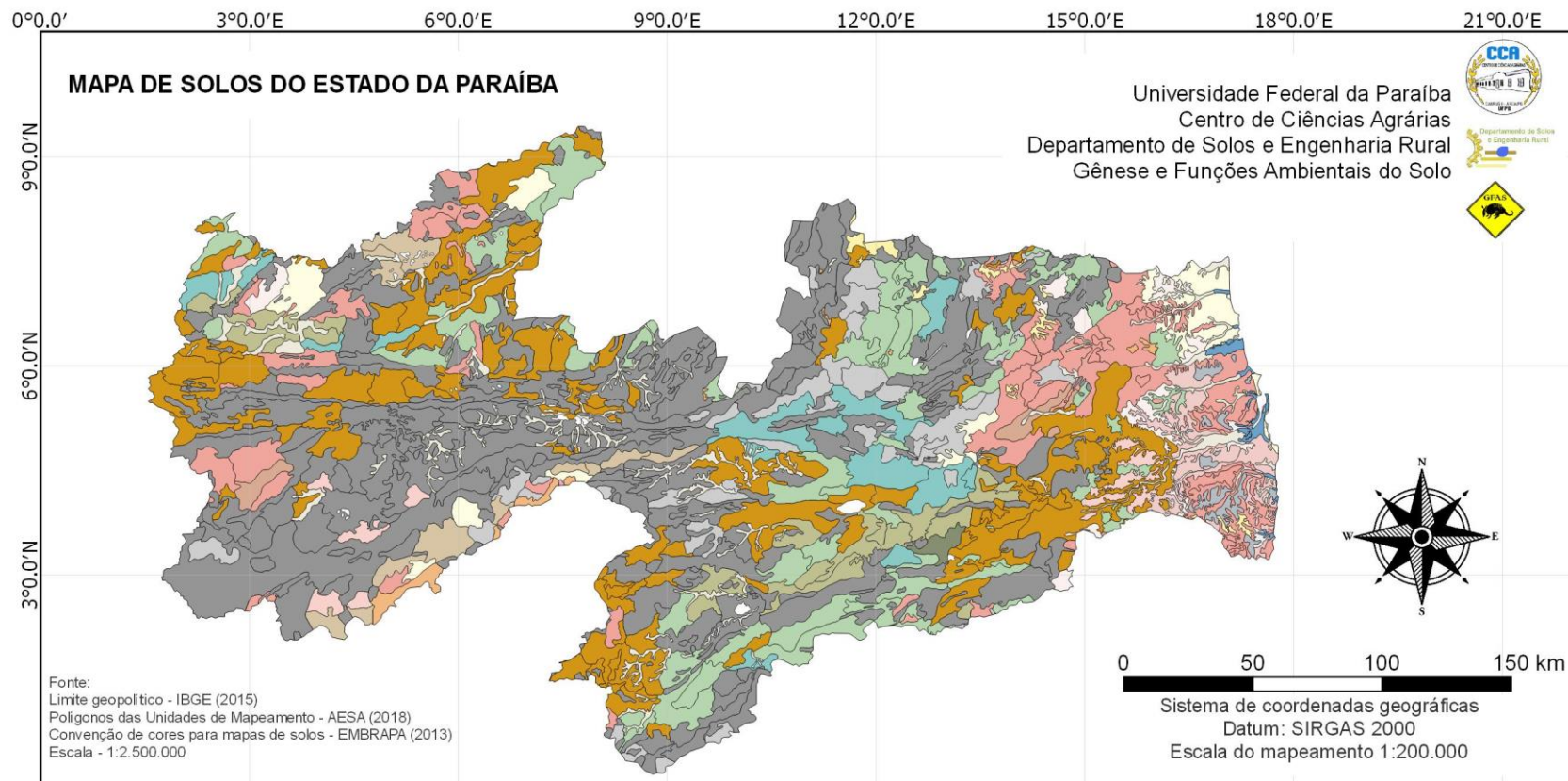
O diagnóstico dos dados do MDE mostra variações de altitude, caracterizando o relevo acentuado do estado e realçando algumas formações geomorfológicas do estado, como o Planalto da Borborema, a Depressão Sertaneja, e entre outros. Em virtude disso, quanto menor a resolução espacial, menor será a probabilidade de erro nas mensurações de altitude ou em possíveis geoprocessamentos das informações desses locais (Capoane et al., 2015).

Para a interpretação e a validação (qualitativa) da ocorrência da principal classe de solo da UM em cada uma das mesorregiões, estas foram consideradas como sendo uma Litossequência. Onde a diversidade de solos é explicada principalmente devido à variação dos fatores de formação material de origem (tipos de litologias) e do relevo (Nunes et al., 2016; Buol et al., 2011; Milne, 1935).

Na Zona da Mata há UMs formadas em sua maioria por associações onde a principais classes de solos são RQ, PV, PVA, ESK e os GJ, caracterizando de maneira geral os solos de mangue, onde até meados de 2016 eram considerados indiscriminados. A partir do levantamento exploratório, da caracterização de alguns solos da Área de Relevante Interesse Ecológico (AIRE) da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape em 2017 foi possível discriminar tais UMs em Associação de Gleissolos Tiomórficos Órticos sálicos e Organossolos Tiomórficos Sápricos (Nunes e Beirigo, 2017; Souza e Beirigo, 2017). Nos manguezais da Floresta Nacional de Cabedelo - FLONA de acordo com o levantamento detalhado de solos foi possível diferenciá-los em Gleissolos Tiomórficos Órticos sálicos e Gleissolos Sálicos Sódicos neofluvisólicos (Coelho et al., 2017). Entretanto, a UM G antiga Solos Gley Distróficos, necessitam de levantamentos nas áreas de ocorrência para posterior classificação destes solos em níveis categóricos mais elevados. Tais solos presentes na Zona da Mata são característicos de ambientes com elevados índices pluviométricos, confirmando a presença dos mesmos devido às chuvas de verão ocorrentes no estado.

Em todo o estado foi observado a ocorrência da UM RY (Figura 6) sempre associados a rede de drenagem, notadamente aquelas inseridas pertencentes aos maiores rios do estado, como o rio Paraíba e o Mamanguape, facilmente visualizado nos intermédios dos municípios de Cabedelo, Santa Rita, Rio Tinto e Marcação no litoral do estado.





#### LEGENDA

SiBCS (2013)

AR: Afloramento de Rocha

PBAC: Argissolos Bruno-Acinzentados

PAC: Argissolos Acinzentados

PA: Argissolos Amarelos

PV: Argissolos Vermelhos

PVA: Argissolos Vermelho-Amarelos

CX: Cambissolos Háplicos

ESK: Espodossolos Ferri-Humilúvicos

G: Gleissolos

GJ: Gleissolos Tiomórficos

LA: Latossolos Amarelos

LV: Latossolos Vermelhos

TC: Luvisolos Crômicos

RL: Neossolos Litólicos

RY: Neossolos Flúvicos

RR: Neossolos Regolíticos

RQ: Neossolos Quartzarênicos

NV: Nitossolos Vermelhos

SN: Planossolos Nátricos

SX: Planossolos Háplicos

FF: Plintossolos Pétricos

VE: Vertissolos Ebânicos

VX: Vertissolos Háplicos

Figura 6. Mapa de Solos do estado da Paraíba.

Na mesorregião Agreste foi observada forte influência do Planalto da Borborema, onde a declividade acentuada e concomitância com o intemperismo das rochas do cristalino originaram as UMs TC, SX, SN, CX, RL, RR e PV, bem com a ocorrência de algumas classes de solo em associação com as UMs, tais como os VE e VX. No MDE foi observado o aumento de elevação do Agreste em relação à Mata Paraibana, acompanhado da mudança de relevo Plano para Montanhoso, elevando cerca de 500m de altitude. Tal fato, aliado a litologia da área, explica a ocorrência dos solos anteriormente citados por serem comumente encontrados em serras, serrotes e outros tipos de elevação residual.

Nas mesorregiões Borborema e Sertão, localizadas na Depressão Sertaneja, o intemperismo de rochas resultou nos RL, TC, SN, VX, VE, PV e RY, tendo algumas classes de solo em associação como o FF. Dentre as mesorregiões, a Borborema e o Sertão possuem baixos índices pluviométricos, com uma média de 600 mm ano<sup>-1</sup> e elevado índice de evapotranspiração, resultando em um balanço hídrico negativo, contribuindo para a ocorrência de RL, TC e SN, pois são solos característicos de áreas com baixa disponibilidade de água e intemperismo químico restrito

No sertão, sob rochas graníticas no Planalto Sertanejo, originaram RL, PV e TC, onde estão entre as cinco classes de maior área do estado da Paraíba. É encontrado como classe associada TX às UMs próximo às cidades de São Mamede, Catolé do Rocha e Jericó.

A classe de maior abrangência no estado é o RL, apresentando cerca de 40% em todo o território (Tabela 1), em seguida o TC com aproximadamente 18%, SX com 11%, PV com 9%, RR com cerca de 5% e assim sucessivamente.

Os Neossolos são solos rasos e pouco evoluídos pedogeneticamente (Embrapa, 2013), seus atributos permite que desempenhem inúmeras funções ambientais, como o habitat biológico e reserva genética, estoque de carbono, suporte da vegetação (caatinga), transformação e produção de biomassa (Azevedo et al., 2007). No uso e manejo adequado desses solos, pode aumentar os estoques de carbono no solo, bem como atuar na redução da emissão de gases de Efeito Estufa (GEE) para a atmosfera (Carvalho et al., 2010). Com o armazenamento de carbono no solo (estoque de carbono) pode favorecer o mercado de créditos de carbono no país (Cidin, 2016) bem como a atenuação do aquecimento global (Carvalho et al., 2010).

Tabela 1. Área das classes de solos do estado da Paraíba em % e km².

Classes	Área (Km²)	Área (%)
Neossolo Litólico	21.330,45	37,29
Luvissolo Crômico	9.839,55	17,20
Planossolo Háplico	5.929,18	10,36
Argissolo Vermelho	5.012,03	8,76
Neossolo Regolítico	2.616,91	4,57
Planossolo Nátrico	2.111,07	3,69
Neossolo Flúvico	1.944,52	3,40
Vertissolo Háplico	1.816,10	3,17
Neossolo Quartzarênico	1.517,45	2,65
Cambissolo Háplico	1.097,56	1,92
Argissolo Amarelo	737,11	1,29
Argissolo Vermelho-Amarelo	621,75	1,09
Argissolo Bruno-Acinzentado	557,09	0,97
Argissolo Acinzentado	357,85	0,63
Nitossolo Vermelho	334,62	0,58
Espodossolo Ferri-Humilúvico	309,00	0,54
Latossolo Vermelho	284,80	0,50
Latossolo Amarelo	263,35	0,46
Afloramento de Rocha	175,93	0,31
Gleissolo Tiomórfico	175,35	0,31
Vertissolo Ebânico	137,21	0,24
Gleissolos	28,54	0,05
Plintossolo Pétrico	4,00	0,01

A fim de melhorar a visualização das definições das UM no mapa de solos da Paraíba (Figura 6) para melhor adequação das informações descritas, fez-se necessário a criação de um mapa temático com diferença na coloração sugerida pela Embrapa (2013), conforme representado na Figura 7 a seguir. A coloração sugerida pelo SiBCS, em relação à área de estudo, dificulta a diferenciação dos polígonos por possuírem classes de coloração semelhantes, fazendo-se necessário a utilização de colorações diferenciadas para melhor visualização.



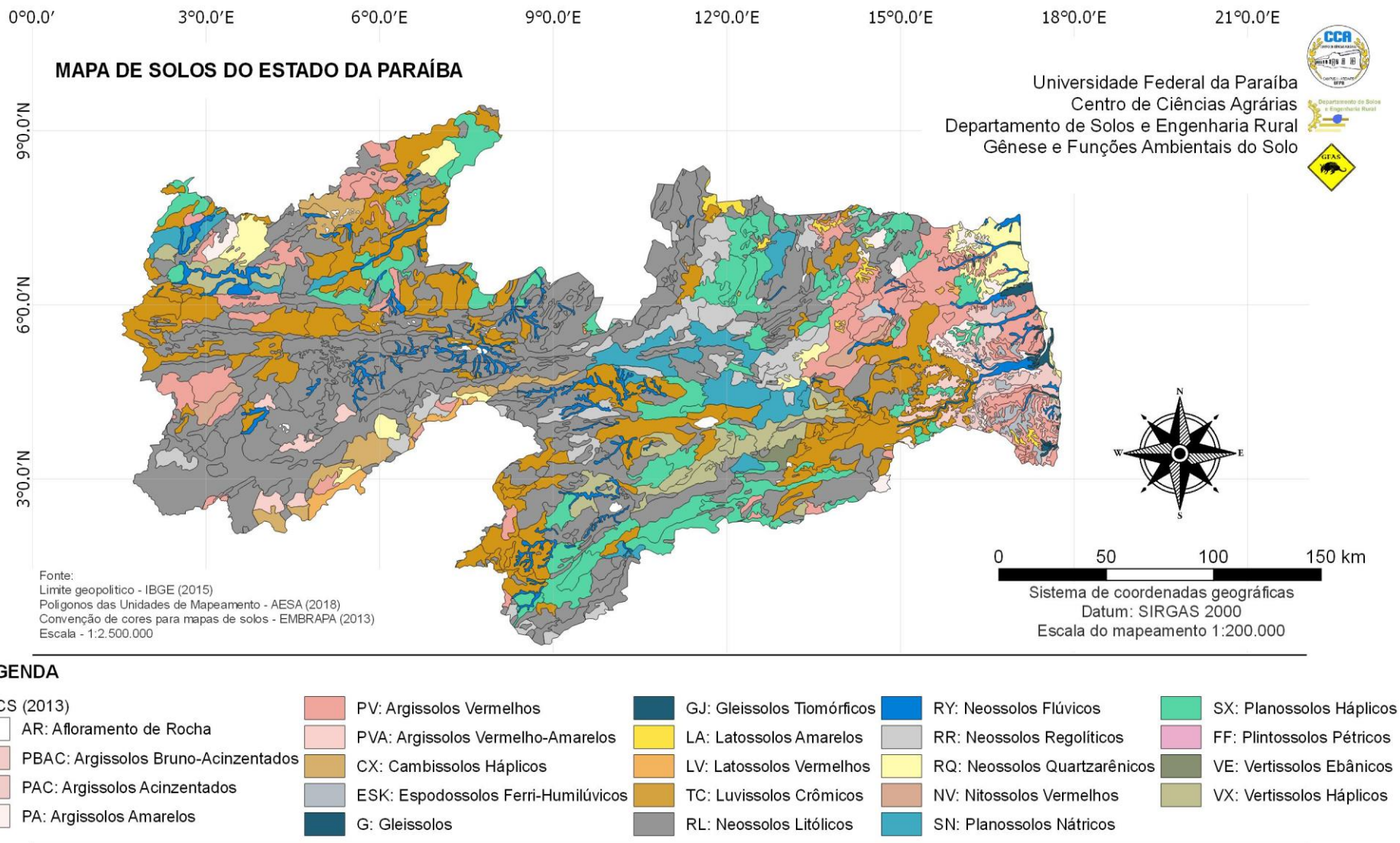


Figura 7. Mapa de Solos da Paraíba.

## **5. Considerações Finais**

O presente trabalho permitiu o conhecimento das classes de solos (1º e 2º nível categórico) do estado da Paraíba, visto que a comumente utilizada encontra-se defasada, datada da década de 70.

O uso da técnica de geoprocessamento possibilitou o mapeamento digital dos solos, permitindo a atualização das unidades de mapeamento do mapa de solos da Paraíba conforme sistema taxonômico atual.

## 6. Referências

- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. *Geomorfologia do Estado da Paraíba*. SECTMA: Secretaria do Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. 2006.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift Gebrüder Borntraeger*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANJOS, L.H.C. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. In: KER, J.C. et al. (Ed.) *Pedologia: fundamentos*. Viçosa, MG: SBCS, 2012. p. 303-343.
- AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. de A; DALMOLIN, R.S.D.. A evolução da vida e as funções do solo no ambiente. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M.(Org.). *Tópicos em Ciência do Solo V*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, v.5,p.1-48.
- BHERING, S.B. et al. *Mapa de Solos do Estado do Paraná, Legenda Atualizada*. In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia – MG. Anais... Uberlândia: SBCS, 2010.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. *Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba*. Rio de Janeiro; Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (MA), 1972, 670p.
- BRIDGES, E.M.; van BAREN, J.H.V. *Soil: An overlooked under valued and vital part of the human environment*. Environ., 17:15-20, 1997.
- BUOL, S.W.; SOUTHARD, R.J.; GRAHAM, R.C & McDANIEL, P.A. *Soil genesis and Classification*. 6th edition. Chichester, Willey-Blackwell, 2011. 543p.
- CAMPOS, M.C.C.; QUEIROZ, S.B. Reclassificação dos perfis descritos no levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.6, n.1, p.45-50, 2006.
- CAPOANE, V. et al. Influência da resolução do modelo digital de elevação na determinação do índice topográfico de umidade e na capacidade de predição dos teores carbono orgânico do solo. *Geo Uerj*, [s.l.], n. 27, p.145-155, 2015.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba*. dos SANTOS, E.D.; FERREIRA, C.A.; da SILVA Jr, J.M.F. (Org.). 1 ed. Recife: CPRM, 2002. 234 p.
- COELHO, R.M.; ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A. Solos da Mata Atlântica. In: CURI et al. (Ed).

*Pedologia: solos dos Biomas Brasileiros*. 1ª ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017a. 261-302 p.

COELHO, M. R. et al. *Levantamento pedológico detalhado (escala 1:5.000) e estoque de carbon orgânico do solo da Floresta Nacional Restinga de Cabedelo, municípios Cabedelo e João Pessoa, PB*. – Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017b. 120 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos)

DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. de A.; AZEVEDO, A. C. Relação entre as características e o uso das informações de levantamentos de solos de diferentes escalas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1479-1486, 2004.

DANTAS, M. E.; MEDINA, A. I. M. Geomorfologia. In: MEDINA et al. (Org.). *Projeto Porto Seguro- Santa Cruz Cabralia: geomorfologia, avaliação da vulnerabilidade à erosão e diagnóstico geoambiental*. Salvador: CPRM/SUREG/AS, 2000. 87p.

DOKUCHAEV, V.V., 1883. *The Russian Chernozem*. Report to the Free Economic Society. Imperial Univ. of St. Petersburg, St. Petersburg, Russia, 267p.

EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

da COSTA, N. L.; SILVA, G. B.; FORTUNATO, F.F. Estudo dos Solos do Estado da Paraíba em nível exploratório-reconhecimento. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 35., *Anais...* Natal: Centro de Convenções, 2015.

ELLERT, B.H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrientes stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal of Soil Science*, 1995, 75 (4). 529-538.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e Mapeamento de mecanização das terras do estado da Paraíba utilizando sistema de informações geográficas. Areia: UFPB/CCA, 2010. *Dissertação* (Mestrado em Manejo de Solos e Água) – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

IBGE. *Censo agropecuário: Paraíba / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. – Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 652 p.

IBGE. Manual técnico de pedologia. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 3. ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 430p. (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598 n.4)

IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p. (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n.7)

- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 2015. (Available in <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>)
- JENNY, H. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology. *Dover Publications*, New York, 1994 [1941]. 281p.
- LEPSCH, I.F. *19 lições de pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- MCBRATNEY, A.B.; SANTOS, M.L.M.; MINASNY, B. *On digital soil mapping*. *Geoderma*, v.117, p.3-52, 2003.
- MENDONÇA, J. F. B. *SOLO: Substrato da vida* – 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.
- MILNE, G. Some suggested units for classification and mapping, particularly for East African soils. *Soil Resource*. 4:183–198, 1935.
- NUNES, J. A.; MEDEIROS, B. M.; BEIRIGO, R. M. *Fatores de formação e diversidade de solos no semiárido paraibano*. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Campina Grande: 2016.
- NUNES, J.A., BEIRIGO, R.M. *Mapeamento dos solos dos manguezais da área de proteção ambiental da barra do rio Mamanguape-PB*. In: MEDEIROS, I. A.; BRAGA, C. F.; BAROSA, R. O. (Orgs.). *Anais do XXV Encontro de Iniciação Científica da UFPB - A Matemática*. João Pessoa: Editora da UFPB, 2017. 19 pp.
- NUNES, J. A.; MEDEIROS, B. M.; BEIRIGO, R. M. *Fatores de formação e diversidade de solos no semiárido paraibano*.
- PARAÍBA. *Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba – Anexo de pedologia*. ZAP-B-D-2146/1, 1978.
- PERH-PB. *Plano estadual de recursos hídricos: resumo executivo & atlas*. Governo do Estado da Paraíba; Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. – Brasília, DF : Consórcio TC/BR – Concremat 2006., 112p.
- POST, W. M., P., T-H., E., W. R., K., A. W., D., V. H. and DeA., D. L. 1990. The global carbon cycle. *American Scientists*.78: 310-326.
- RESENDE, M. et al. Princípios da classificação dos solos. In: KER, J.C. et al. (Ed.) *Pedologia: fundamentos*. Viçosa, MG: SBCS, 2012. p. 21-47.
- RESENDE, M.; LANI, J.L.; REZENDE, S. B.. Pedossistema da Mata Atlântica: considerações pertinentes sobre a sustentabilidade. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 26, n.3, p.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. *Levantamentos de solos: uma estratificação de ambientes*. Informe Agropecuário, v. 9, n. 105, p. 3-25, 1983.

SANCHEZ, P.A. et al. Digital soil map of the world. *Science*, v. 325, p.680-681, 2009. Disponível em: < <http://science.sciencemag.org/content/325/5941/680.full>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

SBCS. *Pedologia – solos dos biomas brasileiros* / Editores Nilton Curi... [et al.]. 1ª edição – Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. viii, 597 p. ISBN 978-85-86504-22-8

SIRTOLI, A. E.; da SILVEIRA, C. T.; MANTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. dos A.; OKAFIORI, C. Atributos do relevo derivados de Modelo Digital de Elevação e suas relações com solos. *Scientia Agraria* [Internet]. 9(3): 317-329, 2008;

SOIL SURVEY STAFF, 2014. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C. 360p.

SOUZA, H. M.; BEIRIGO, R.M. *Caracterização e classificação dos solos dos manguezais da área de proteção ambiental da barra do rio Mamanguape-PB*. In: MEDEIROS, I. A.; BRAGA, C. F.; BAROSA, R. O. (Orgs.). Anais do XXV Encontro de Iniciação Científica da UFPB - A Matemática. João Pessoa: UFPB, 2017. 18p.

TEN CATEN, A. *Mapeamento Digital de Solos: Metodologias para atender a demanda por informação espacial em solos*. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, RS, 2011. TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A.; SANTOS, M. L. M. Extrapolação das relações solo-paisagem a partir de uma área de referência. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 812-816, 2011.

WALL, D.H. et al. *Soil Ecology and Ecosystem Services*. First Edition. Oxford University Press, 2012.

USGS EROS Data Center. Shuttle Radar Topography Mission. <http://edc.usgs.gov/srtm/mission.html> . 2004.